



# Tecnología de morteros reforzados con fibras estructurales para el refuerzo de estructuras de hormigón



## Introducción

Los hormigones reforzados con fibras estructurales de acero son materiales que llevan usándose durante décadas y que actualmente se recogen en el Anejo 14 de la Instrucción del Hormigón Estructural EHE-08.

Entre las diversas tecnologías destinadas a reforzar las estructuras existentes, MAPEI ofrece una innovadora familia de morteros pertenecientes a la línea HPC, morteros en base cemento reforzados con fibras estructurales de acero distribuidas homogéneamente dentro de la matriz cementosa. Estos morteros son realmente materiales compuestos con unas propiedades muy concretas. La adición de fibras de acero estructural a un mortero de alta resistencia a compresión proporciona un material con grandes ventajas, aparte de aumentar en gran medida la resistencia a tracción y controlar la fisuración, aporta una gran ductilidad y tenacidad al material.

Planitop HPC está destinado al refuerzo y reparación de pilares y muros de hormigón mediante el recrecido de su sección. Las estructuras de edificación y obra civil en las que se emplea este producto pueden verse sometidas a acciones estáticas y a acciones dinámicas (viento, sismo, maquinaria, tránsito de personas, etc.), con esfuerzos de compresión o flexocompresión, sin limitaciones en la forma de la sección transversal del pilar o muro de hormigón armado, y en condiciones de exposición interior o exterior.

Planitop HPC Floor está desarrollado para el refuerzo y reparación de forjados de hormigón mediante el incremento de su espesor por la parte superior. Los tipos de forjados en los que se puede actuar son: losas macizas, forjados nervados

## CERTIFICACIONES

Ambos sistemas están certificados con los Documentos de Adecuación al Uso (**DAU 20/117 y DAU 20/118**) emitidos por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC) como sistemas de refuerzo estructural para restituir o aumentar la capacidad resistente de las estructuras sobre las que se aplican, con aumentos modestos de grosor (de 10 mm a 40 mm) y de peso, para elementos verticales y horizontales.



Los **DAU** certifican las prestaciones que ofrecen los sistemas de refuerzo, además de describir los criterios de proyecto, los criterios de ejecución y las soluciones constructivas principales que hay que tener en cuenta para un diseño e instalación adecuados de los sistemas de

refuerzo estructural, teniendo en cuenta el comportamiento global del conjunto de la estructura sobre la que se interviene.

Esto permite a los técnicos responsables de las obras tener toda la información necesaria para su correcta concepción y ejecución, quedando

amparados por lo establecido en relación con las exigencias básicas de calidad de los edificios definidas en el Código Técnico de la Edificación y los requisitos básicos del Reglamento de Productos de la Construcción (UE) 305/2011.

unidireccionales o bidireccionales de hormigón armado, losas alveolares y forjados de cerámica armada, sometidas a acciones estáticas y a acciones dinámicas. Los forjados reforzados pueden estar sometidos a esfuerzos de flexión con acciones perpendiculares al plano del forjado o debidos a cargas en su plano motivadas por acciones sísmicas. No se establecen limitaciones en la forma de la sección transversal del forjado de hormigón y, al igual que el anterior, puede aplicarse en forjados interiores o sometidos a condiciones de exposición exterior.

### Criterios de diseño

El refuerzo estructural debe ser objeto de un proyecto acorde a la normativa vigente elaborado por un técnico competente. Antes de realizar el diseño del refuerzo se debe evaluar la estructura existente. El refuerzo de un pilar o un forjado debe ir acompañado de un estudio global de la estructura para evaluar la repercusión del cambio de rigidez en la distribución de esfuerzos en estructuras hiperestáticas.

Se debe considerar que el elemento a reforzar puede presentar daños o anomalías cuyos efectos sobre el refuerzo deben ser considerados. Se debe eliminar el hormigón deteriorado o en fase de desprendimiento, hasta alcanzar un soporte sólido, resistente y muy rugoso. El hormigón y las armaduras deben estar exentas de polvo, óxido, lechada de cemento, grasa, aceite, pintura, o cualquier tipo de suciedad que pueda perjudicar la transferencia de tensiones entre el elemento estructural existente y el refuerzo añadido.

En pilares y muros no existen limitaciones



de resistencia del hormigón mínima ni máxima, ni tampoco con respecto a la geometría de los elementos permitiendo el refuerzo de pilares de cualquier dimensión y forma.

En forjados se limita la resistencia mínima del hormigón del soporte a 12 MPa, en el caso de menores resistencia se deben hacer estudios específicos de transferencia de tensiones rasantes o disponer conectadores para la transmisión.

Es importante asegurarse que las armaduras no hayan alcanzado la fase plástica ni antes ni durante la fase de refuerzo estructural. En la mayoría de las situaciones que se presentan, el elemento a reforzar estará cargado durante la aplicación del refuerzo, debido a la dificultad técnica que representa su descarga. La carga aplicada durante la ejecución del refuerzo está constituida fundamentalmente por el peso propio y las cargas permanentes que no puedan ser retiradas, por lo que debe estudiarse utilizar apeos provisionales si fuera necesario.



**“El hormigón y las armaduras deben estar exentas de polvo, óxido, lechada de cemento, grasa, aceite, pintura, o cualquier tipo de suciedad que pueda perjudicar la transferencia de tensiones entre el elemento estructural existente y el refuerzo añadido.”**

#### Prestaciones de la sección reforzada

Este refuerzo está diseñado para que la sección original y la incrementada trabajen conjuntamente creando una sección compuesta.

La comprobación del comportamiento de la sección compuesta es relevante en forjados y en pilares o muros sometidos a flexo-compresión. Dicha comprobación se basa en la comparación entre el esfuerzo rasante de cálculo ( $\tau_{Ed}$ ) en la interfase debido a las acciones actuantes y la resistencia a cizallamiento de cálculo en esa interfase ( $\tau_{Rd}$ ), de modo que se cumpla que  $\tau_{Ed} \leq \tau_{Rd}$ .

El esfuerzo rasante de cálculo debe calcularse en la sección del forjado más solicitada a cortante, es decir, aquella en la que el esfuerzo cortante es máximo. Con esto se consigue que el esfuerzo rasante considerado sea el máximo y con ello que la comprobación alcance a todo el elemento.

La determinación del esfuerzo rasante de cálculo en la interfase ( $\tau_{Ed}$ ) se llevará a cabo a partir de los valores de esfuerzo cortante que actúa en la sección compuesta, y de acuerdo con la fórmula:

$$\tau_{Ed} = V_{Ed} / z \cdot b$$

donde  $V_{Ed}$  es el esfuerzo cortante de cálculo;  $z$  es el brazo mecánico de la sección compuesta; y  $b$  es el ancho de la sección compuesta



Preparación soporte

## EJECUCIÓN DEL REFUERZO DE UN PILAR

Las fases de ejecución del refuerzo de un pilar son las siguientes:

- Saneado y preparación de la superficie.
- Conexiones en la parte inferior y superior para transferencia de tensiones de tracción.
- Encofrado.
- Vertido de **Planitop HPC + Fibre HPC**.
- Desencofrado y curado.

(continúa en pág. 64) ►



**Encofrado****Desencofrado**

### **1. Saneado y preparación de la superficie**

Se debe eliminar el hormigón deteriorado y el que no esté adherido, mediante repicado mecánico o hidro-escarificación, para eliminar grasas, partículas sueltas, hormigón mal adherido, etc., hasta obtener un soporte sólido, resistente y muy rugoso con una aspereza de al menos 5 mm.

### **2. Conexiones para transferencia de tensiones de tracción**

La transferencia de esfuerzos entre la sección original y la incrementada se realiza mediante una transferencia directa, por lo que debe conseguirse el contacto del refuerzo con el forjado. Los redondos de acero corrugado de conexión entre la capa de recrecido y el forjado superior e inferior deben absorber los esfuerzos de tracción debidos a la flexocompresión. El diámetro y distancia entre redondos de acero

se obtiene de la tracción a la que está sometido el bloque de recrecido con Planitop HPC, utilizando los criterios de la norma EN 1994-2.

### **3. Encofrado**

El encofrado deberá dimensionarse para resistir los empujes hidráulicos de la masa de mortero en fresco sin sufrir deformaciones. Deberá asegurarse su total estanqueidad.

Para facilitar el desencofrado se recomienda el tratamiento previo de los mismos con desencofrante Disarmate DMA 1000.

### **4. Vertido de Planitop HPC + Fibre HPC**

Antes del vertido, el soporte debe humedecerse a saturación. Verter el mortero, Planitop HPC amasado con las fibras Fibre HPC, mediante flujo continuo, facilitando la salida del aire, verificando el relleno completo del elemento a reforzar. Planitop HPC no necesita ser compactado ni vibrado.

### **5. Desencofrado y curado**

No desencofrar antes de 72 horas después del vertido. Después del desencofrado se recomienda una especial vigilancia en el curado de Planitop HPC, para evitar que, especialmente en los períodos calurosos y días ventosos, la evaporación rápida del agua de la mezcla pueda causar fisuras superficiales; para ello, en estas condiciones se debe nebulizar agua, colocar sobre la superficie del mortero una tela impermeable y mantener la protección durante 5 días como mínimo.

La resistencia a cizallamiento en la interfase ( $\tau_{Rd}$ ) se obtiene a partir de la fórmula:

$$\tau_{Rd} = c \cdot f_{ctd} < 0,5 \cdot \gamma \cdot f_{cd}$$

donde  $c$  es el coeficiente en función de la rugosidad de la superficie de la interfase (puede emplearse un valor del coeficiente  $c = 0,5$  para superficies de la interfase con rugosidad superficial  $R_t \geq 3,0$  según *Fib Model Code for concrete structures 2010*, que debe reducirse a la mitad bajo cargas de fatiga o dinámicas);  $f_{ctd}$  es la resistencia a tracción del hormigón del soporte;  $\gamma$  es el coeficiente que toma el valor:  $\gamma = 0,55 \cdot \{30/f_{cd}\}^{1/3} < 0,55$ ; y  $f_{cd}$  es la resistencia de cálculo del hormigón en la interfase.  $f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$



**“Los elementos reparados o reforzados con Planitop HPC y Planitop HPC Floor no necesitan particulares medidas de mantenimiento o conservación y cumplen con las exigencias en los ambientes de exposición clase X0, XC 1 a 4, XD 1 a 3, XS 1 a3, XF 1 a 4 y XA1, recogidos en norma EN 206-1.”**

### Seguridad en caso de incendio

Los productos Planitop HPC y Planitop HPC Floor son clase A1 según la norma EN 13501-1.

La resistencia al fuego de los elementos estructurales reforzados puede determinarse bajo la consideración que la sección original y la sección incrementada contribuyen conjuntamente a la prestación del elemento. El cálculo puede realizarse mediante las indicaciones recogidas en el anexo C del Documento Básico SI, a partir de las dimensiones del elemento estructural y de la distancia mínima equivalente al eje ( $a_m$ ) de las armaduras, aplicándose las consideraciones para el incremento de la distancia mínima equivalente para hormigones con resistencias comprendidas entre 60 MPa y 80 MPa, recogidas en el anexo 6 de la Instrucción EHE.

### Durabilidad, mantenimiento y conservación

Los elementos reparados o reforzados con Planitop HPC y Planitop HPC Floor no necesitan particulares medidas de mantenimiento o conservación y cumplen con las exigencias en los ambientes de exposición clase X0, XC 1 a 4, XD 1 a 3, XS 1 a3, XF 1 a 4 y XA1, recogidos en norma EN 206-1. ■



Tratamiento de las armaduras



Disposición de armaduras en el perímetro

## EJECUCIÓN DEL REFUERZO DE UN FORJADO DE VIGUETA Y BOVEDILLA

Las fases de ejecución del refuerzo de un forjado de viguetas y bovedillas son las siguientes:

- Saneado y preparación de la superficie.
- Conexiones perimetrales.
- Vertido de Planitop HPC Floor y curado.



**Vertido**

### 1. Saneado y preparación de la superficie

Se debe eliminar el hormigón deteriorado y el que no esté adherido, mediante escarificación mecánica (fresado), para eliminar grasas, partículas sueltas, hormigón mal adherido, etc., hasta obtener un soporte sólido, resistente y muy rugoso con una aspereza de al menos 5 mm.

En caso de ser necesaria una consolidación, se aplica con rodillo una imprimación acrílica antipolvo, **Primer 3296**, diluida con agua en una relación 1:1 al menos 4 horas antes de la aplicación de **Planitop HPC Floor**.

### 2. Conexiones perimetrales

Cuando a partir del cálculo se considere necesario, se dispondrán barras corrugadas de acero con función de cosido perimetral que proporcionan al comportamiento del forjado las siguientes ventajas:

- Reducción de la ley de momentos en el forjado debido a la redistribución de esfuerzos causada por el aumento de la rigidez.
- Disminución de las deformaciones del forjado,
- Incremento de la rigidez del forjado.

El número, diámetro, distancia entre barras corrugadas y su longitud de anclaje se determina en función del cálculo estructural, de acuerdo con el esfuerzo que sea necesario transmitir.

Insertar las armaduras de conexión de acero corrugado a los muros perimetrales o a los zunchos o vigas de borde en perforaciones taladradas y limpiadas previamente, anclarlas mediante adhesivos **Mapefix EP 385 (epoxi)** o **Mapefix VE SF (viniléster)**, dejando en prolongación en el plano del forjado.

### 3. Vertido de Planitop HPC Floor y curado

Antes del vertido, humecer la superficie con agua hasta la saturación del soporte si no se ha aplicado el consolidar **Primer 3296**.

Verter el mortero **Planitop HPC Floor** sobre la superficie del forjado acompañando, si fuera necesario, su extensión sobre la misma con una rasta. Durante el vertido se debe asegurar que el espesor mínimo de mortero **Planitop HPC Floor** que se aplique sea igual o superior al espesor nominal prescrito, nunca inferior.

Debe realizarse una especial vigilancia en el curado de **Planitop HPC Floor**, para evitar que, especialmente en los períodos calurosos y días ventosos, la evaporación rápida del agua de la mezcla pueda causar fisuras superficiales; para ello, en estas condiciones se debe nebulizar agua, colocar sobre la superficie del mortero una tela impermeable y mantener la protección durante dos días como mínimo.